



Elförbrukning vid uppförande av Rosenberg 3

- Identifiering och kartläggning av nyckelkomponenter

Electrical energy consumption during the construction process of Rosenberg 3

- Identification and evaluation of key component

Philippa Doolke

Miljövetarprogrammet

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
SUAS, Swedish University of Agricultural Sciences
Institutionen för energi och teknik
Department of Energy and technology

Elförbrukning vid uppförande av Rosenberg 3
- Identifiering och kartläggning av nyckelkomponenter

Electrical energy consumption during the construction process of Rosenberg 3
- Identification and evaluation of key component

Philippa Doolke

Handledare:	David Ljungberg, Institutionen för energi och teknik, SLU
Bitr handledare:	Elin Lindström, JM Entreprenad
Examinator:	Alfredo de Toro, Institutionen för energi och teknik, SLU
Antal HP:	15.0 hp
Kurstitel:	Självständigt arbete i miljövetenskap - kandidatarbete
Kurskod:	Ex0688
Program:	Miljövetare
Seriens namn:	Examensarbete: 2013:10
ISSN 1654-9392	
Omslagsfoto:	Alla bilder i denna rapport är tagna från Sweco/Vasakronan

Uppsala 2013

Nyckelord: Energieffektivisering, energiförbrukning, elförbrukning, kontorshus, electrical energy consumption, construction process, hållbart byggande.

SAMMANFATTNING

En av samhällets största utmaningar idag är vårt stora behov av energi och de relaterade miljöproblem som följer med en stor energiförbrukning. Byggbranschen står idag för en tredjedel av Sveriges totala energikonsumtion och är därmed med bransch som enskilt har den största totala påverkan för den svenska energiförbrukningen. Det finns både nationella mål så väl som ekonomiska och miljömässiga incitament att minska energiförbrukningen för aktörerna i branschen. Fokus har tidigare legat på den färdiga produkten som rör drift och förvaltning medan det finns större kunskapsluckor när det kommer till byggnadsprocessen.

Studiens övergripande mål var att bidra med kunskap om det totala energibehovet för byggnadsprocessen av kontorsbyggnader och andra lokaler. Syftet med studien var att presentera elförbrukningen och identifiera nyckelkomponenter det första året vid uppförandet av kontorshuset Rosenborg 3. Kontorshuset som har en area på 17 000 km² ligger i Frösunda i Stockholm. Vasakronan är beställare och JM Entreprenad är byggentreprenör. Delar som installation, transport, tillverkning av maskiner och verktyg har ej behandlas i studien. Andra energikällor än el har inte behandlats i denna studie. Föreliggande rapport redovisar resultatet från ett projekt i samarbete med JM Entreprenad, i rapporten kallad JM E.

Datainsamlingen över elförbrukningen har skett med hjälp av JM Entreprenad från Vattenfall och Cramo och har sedan analyseras och utvärderats. Energimätningarna har delats in i 4 olika komponenter. *Byggarbetsplatsen, den komponent där självaste uppförandet inkluderas, containrar, bodar och övrigt.* Dialoger med ansvariga platschefer och andra nyckelpersoner har varit värdefull information och gett en inblick i branschens möjligheter och utmaningar vad gäller mätningar och energieffektivisering.

Baserat på mätningar för det första årets elåtgång för Rosenborg 3 uppskattades den totala elförbrukningen för byggnaden till 26 (kWh/m²).

Utifrån de resultat som studien nått, en överblickande kartläggning över byggarbetsplatsens största energikomponenter kan en del slutsatser dras. Byggarbetsplatsen är den största enskilda komponenten med 55 % av den totala förbrukningen och övrigt den mista med 11 %. Bodarna och containrarna som står för 21 % respektive 13 % har genom jämförelser med temperaturförhållanden kunnat bedömas vara temperaturberoende. Där med bör de normalårskorrigeras med energisignaturmetoden. På detta sätt kan man ta fram ett referensvärde med hög validitet som går att använda till kommande projekt oberoende av temperatur. Samma mätningar som för komponenterna bodar och containrar har också gjort på byggarbetsplatsen men det gick ej att se några tydliga samband mellan temperatur och energiåtgång. Därmed kan slutsatsen dras att det ej är lämpligt att använda normalårskorrigerings för komponenten i sin helhet. Om man istället skulle dela upp denna stora komponent och mäta dess delkomponenter var och en för sig skulle det möjliggöra för bättre anpassade angreppssätt för analys och bedömning.

ABSTRACT

One of the greatest challenges the society is facing today is our great need of energy and the environmental issues that comes with increased energy consumption. The construction industry accounts for a third of Sweden's total energy consumption and is therefore the industry that has the greatest individual impact. Sweden has since 2009 set a number of national goals with the aim of reducing energy consumption by 50 % by 2050. As the construction industry play a significant role in the national energy consumption, it is necessary that the decision makers in the industry act for it to be possible to achieve the national goal. There has been a large focus on the final product and management during the building but there are major gaps in knowledge in the construction process.

The purpose of this study has been to present the electrical energy consumption and identify key components during the first year of the building process of an office building, Rosenberg 3 in Stockholm. The client is Vasakronan and JM Entreprenad is the construction contractor.

The data that has been used in the study have been obtained with help from JM Entreprenad, Vattenfall and Cramo. The energy flows have been divided into four different components: the *construction* part, *containers*, *sheds* and *other*. The collected energy statistics have been analyzed and evaluated. Dialogues with responsible site managers and other key executives have contributed to valuable information and given an insight into the industry's challenges and opportunities in terms of measuring energy consumption and achieving energy efficiency.

Based on measurements of the first year's electricity consumption for Rosenberg 3, the electricity consumption is estimated to a total of 26 (kWh/m²).

The results of the process for the building of the house Rosenberg 3 shows that the construction part was the single largest electrical component that account for 55% of total consumption, sheds and containers account for 21% and 13% and the remaining 11% was named other. By comparison with the current temperature conditions the sheds and the container components has been addressed to be temperature dependent. Therefore the energy signature method can be recommended to obtain a more accurate evaluation of the data obtained. In this way, one can develop a reference value with high validity that can be used for future projects independent of temperature changes. The same measurements as the component sheds and containers have also been analyzed on the component construction but in that case there was not possible to distinguish any clear connection between temperature and energy need. Therefore it is not suitable to use the method for that component. If instead the great component would be divided into sub components and measured individually a more adequate reliable result would be obtained and allow for a more appropriate analysis and assessment.

This report presents the results from a project in collaboration with JM Entreprenad.

FÖRORD

I och med detta arbete avslutar jag min kandidatexamen i miljövetenskap från SLU och står med hög förväntan redo för nya utmaningar. Här vill jag passa på att tacka alla fantastiska människor som har varit till stor hjälp under processen som slutligen resulterade i denna rapport.

Ett stort tack till min handledare på JM Entreprenad, Elin Lindström som har varit ett stort stöd och bollplank genom hela projektet och sett till att dela med sig av erfarenheter och goda råd. Jag vill också tacka David Ljungberg från institutionen för Energi och Teknik på SLU som bidragit med värdefulla idéer och synpunkter. Tack också till Greger Gunnarsson och Mattias Johansson från JM Entreprenad, Joakim Carlströmmer från Cramo för den tid ni lagt och all värdefull input ni bidragit med till detta projekt. Jag hoppas med denna rapport kunna ge något tillbaka till alla er.

Jag vill tacka JM Entreprenad och Cramo för det stora engagemanget de visat och informationen som de delat med sig som gjort denna rapport möjlig.

Trevlig läsning!

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
2. LITTERATURSTUDIE	2
2.1 Nationella energi-och miljömål	2
2.2 Livscykelperspektiv på byggnadens energibehov	3
2.3 Klimatets påverkan på byggnadens energibehov	4
3. MATERIAL OCH METOD	5
3.1 Presentation av objektet	5
3.2 Datainsamling	6
3.3 Prognos för totala byggperioden	7
4. RESULTAT	8
4.1 Uppmätt förbrukning	8
4.2 De enskilda komponenterna	10
4.2.1 Energiförbrukning för bodar	11
4.2.2. Elförbrukning för containrar	12
4.2.3. Elförbrukning för byggarbetsplatsen	13
5. DISKUSSION	15
6. SLUTSATSER	17
Internetreferenser	19

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

En av samhällets största utmaningar idag är vårt stora behov av energi och de relaterade miljöproblemen som följer med en stor energiförbrukning. Detta ämne är ofta omdebatterat och ständigt närvarande i dagen mediaflöde. Diskussionen om miljö och energi har även nått byggbranschen som idag står för en tredjedel av Sveriges totala energikonsumtion och är därmed den bransch som enskilt har den största totala påverkan över den svenska energianvändningen (Persson, 2002). Då energifrågor verkar bli allt viktigare har det på senare tid tagits fram en mängd av certifieringar och märkningar som kan intyga hur miljöanpassade olika produkter är i avseende på miljösmarta lösningar, anpassade material och energisnålhet. Det har varit ett stort fokus på den färdiga produkten som rör drift och förvaltning medan det finns större kunskapsluckor när det kommer till byggnadsprocessen.

I takt med att medvetenheten ökar bland allmänheten ökar också kraven på företag och organisationer att arbeta med miljöfrågor för att vara konkurrenskraftiga på bostadsmarknaden. Förutom att genom sitt miljöengagemang ha en chans att öka sina marknadsandelar finns det också ekonomiska incitament för att minska sin energiförbrukning.

Sverige har sedan 2009 satt upp ett antal nationella miljömål med sikte på att minska energianvändningen med 50 % fram till 2050 (Sveriges miljömål för god bebyggd miljö, 2012). Då byggbranschen är en så pass stor aktör är det nödvändigt att de som utgör den agerar för att det ska vara möjligt att nå målet. Det är alltså inte bara för att vinna marknadsandelar och göra kostnadsbesparingar som det är av intresse att minska energianvändningen, utan det är även ett mål satt av regeringen.

Mot denna bakgrund är det tydligt att det är av stor betydelse att öka kunskapen om den svenska byggnadsindustrins energi- och resursanvändning. Kunskap som gör det möjligt att identifiera viktiga områden och hitta bättre arbetssätt för att minska energiförbrukningen samt minska påverkan på miljön.

1.2 Syfte

Studiens övergripande mål är att bidra med en startpunkt i arbetet att öka kunskapen om energibehovet under byggnadsprocessen av kontorsbyggnader och andra lokaler. Syftet med studien är att kunna identifiera nyckelkomponenter för elbehovet vid byggprocessen av kontorshuset Rosenborg 3 i Stockholm. En god kunskap och bra överblick över hela livscykeln av byggnader och elåtgång i de olika skedena ökar möjligheter till förbättringar och energibesparingar. En minskad energianvändning är av stort intresse för ett Entreprenad- och byggföretag som JM Entreprenad både med avseende på miljö så väl som ekonomisk vinst och som ökad konkurrenskraft.

För att skapa incitament till energieffektiviserande åtgärder behövs ett trovärdigt och rättvisande beslutsunderlag för att kunna bedöma effektiviteten och lönsamheten i de antagna åtgärderna.

Kontorsbyggnaden som kommer att heta Rosenberg 3 är i slutet av byggnadsfasen och elmätningar har genomförts under byggprocessen. Med hjälp av JM Entreprenad och Cramo har denna information varit tillgänglig för bearbetning och analys. Rosenberg 3 är en bra referenspunkt för hur normen ser ut för hur miljöanpassade kontorshus byggs idag med avseende på material och planlösning. Det är därför av intresse att fylla igen kunskapsluckor för resterande aspekter av byggnadens livscykel. Där uppförandet och byggnationsprocessen utgör en del.

Syftet med studien är att mäta elförbrukningen under byggprocessens första år av kontorshuset Rosenberg 3. Identifiera de största el-komponenterna och redogöra fördelningen på vilka komponenter som utgör det största elektriska energibehovet.

Utifrån detta går det att diskutera kring en lämplig metod för att kunna uppskatta och analysera elförbrukningen för denna typ av byggnader.

1.3 Avgränsningar

De data som tagits fram blir en första uppskattning och är tänkt att ge en övergripande bild över fördelningen av eldrivna komponenter samt att kunna ta fram underlag till en analysmodell med högre validitet. Denna modell är tänkt att kunna appliceras på kommande projekt men kommer ej att beräknas i denna studie.

Studien avser endast att undersöka eleneriförbrukning vid byggnadsprocessen. Delar som installation, transport, tillverkning av maskiner och verktyg och andra energikrävande moment under en byggnads livscykel kommer ej att behandlas i denna studie.

Uppskattningen av energiåtgången omfattar endast elförbrukningen. Energi som förbrukas i form av transporter har ej tagits med i beräkningarna. Hädanefter när energiförbrukning nämns i rapporten syftar det endast till elförbrukningen som mätts, och inte transporter eller maskiner som är drivs av något annat än el. Det betyder inte att denna post är obetydligt i sammanhanget, snarare tvärt om är den mycket energikrävande och borde absolut utvärderas och undersökas för att komplettera livscykeln för byggnader. Frågan om transporter nämns senare i rapporten i förslag till framtida studier

2. LITTERATURSTUDIE

2.1 Nationella energi-och miljömål

År 2009 tog staten fram nationella mål för att minska den svenska energiförbrukningen för byggnader. Målet är att år 2020 minska energianvändningen per arealenhet med 20 % och till år 2050 halvera energiförbrukningen jämfört med 1995 års förbrukning (Sveriges miljömål för god bebyggd miljö, 2012).

Detta för att skapa ”en effektiv och hållbar energi- användning och en kostnadseffektiv energiförsörjning, båda med en låg negativ inverkan på hälsa, miljö och klimat” (Förordning, 2007:1153; Energimyndigheten, 2010). Energimyndigheten verkar inom områden för flera samhällssektorer med energifrågor och arbetar med att de uppsatta Svenska miljömålen nås.

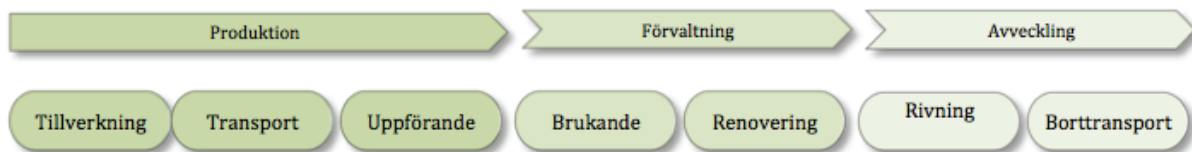
De påpekar att en effektivare energianvändning för industrier och byggnader är av stor betydelse för generationsmålet och miljömålet *God bebyggd miljö*. De ser att det finns potential att effektivisera energianvändningen i industri och bostäder och att detta krävs för att nå målen (Energimyndigheten, 2010).

2.2 Livscykelperspektiv på byggnadens energibehov

Livscykelanalys, LCA är ett verktyg som används för att ge en helhetsbild för en produkts miljöpåverkan, från vaggan till graven. Genom att undersöka och beräkna en produkts alla steg från råvaruutvinning, produktion, brukning och till sist resthantering ges en överblick över de olika fasernas miljöpåverkan. En LCA ger en god kunskap om den analyserade produkten. Denna kunskap kan sedan användas till att ta fram nya rutiner och anpassa produkten till mer hållbara lösningar och reducera miljöbelastningen. Att genomföra en LCA på en produkt kan vara mycket tid- och resurskrävande. Det är inte alltid helt enkelt att ta fram en rättvisande beräkningsmodell och det är viktigt att använda standardiserad data och analys. Andra svårigheter med att ta fram en LCA kan vara databrist och informationsluckor (Rydh, 2002).

Tidigare studier i ämnet har fokuserats på bostadshus som små- eller flerbostadshus. Det har hitintills inte varit så stort fokus på kontorshus och lokaler, varken i Sverige eller internationellt. I den livscykelanalys som har gjorts av Adalberths i en rapport från 1995 ser fördelningen ut på följande sätt: *15 % av den totala energin går åt vid uppförandefasen, 85 procent av energin förbrukas då bygganden är i drift alltså dess brukstid och mindre än 1 procent går åt till rivning då brukstiden är slut. I rapporten beräknas livslängden för en byggnad vara 50 år* (Adalberth, 1995). De olika faserna och innefattande delfaser för en byggnads livscykel presenteras i figur 1 nedan. Adalberths (1995) rapport avser en LCA för småhus men har kommit att användas som riktmärke för andra byggnader också. Kungliga Ingenjörssakademien använder denna fördelning i sin rapport från 2002, *Energianvändningen i bebyggelsen* som en referens generell för byggnader (Persson, 2002). När många smarta lösningar i isolering, bättre anpassade material och energisnåla förbättringar tagits fram kan denna fördelning nu komma att förändras. De så kallade noll-energihusen och lågenergihusen förväntas leda till stora energibesparingar under brukartiden och denna fas kommer inte längre att uppta lika stor andel av energiåtgången som tidigare. I och med denna utveckling blir det än viktigare att se över både tillverkningsprocessen och rivningsfasen då de kommer att utgöra en större del i den totala energiåtgången (Thormark, 2006).

För att minska energiåtgången poängteras det i många undersökningar och analyser vikten av god planering och kommunikation mellan de olika inblandade aktörerna. För att kunna uppnå en minskad energianvändning är det väsentligt att arkitektur, byggnadsteknik och installationssystem är länkade och sedda ut ett helhetsperspektiv (Kvist och Nordström, 2008; Almqvist, 2010). En studie som gjordes av Hatami år 2007 visar att 70 % av elanvändningen vid byggnation av flerbostadshus går åt till bodar och belysning.



Figur 1. En byggnads livscykel kan delas in i olika fasers produktion, förvaltning och avveckling. Dessa faser kan ytterligare delas upp på olika delfaser.

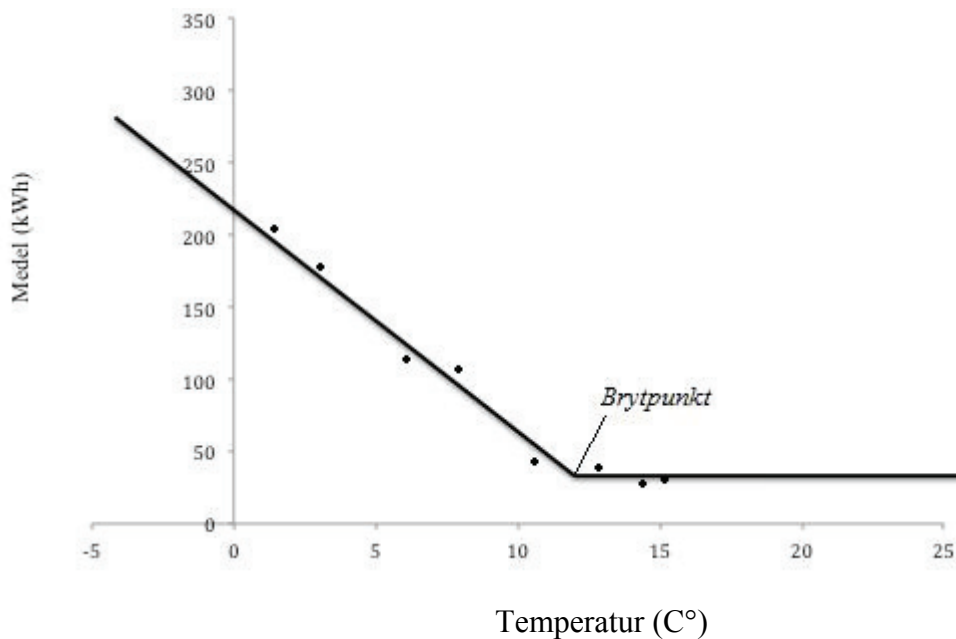
2.3 Klimatets påverkan på byggnadens energibehov

För att på bästa sätt kunna mäta energiåtgången vid byggnader är det viktigt att man använder en lämplig metod. En metod där data kan jämföras med tidigare liknande projekt och/eller kunna jämföras med kommande projekt och därmed ges möjlighet att följa upp och analysera energieffektiviserande åtgärder. I de fall objektets energibehov ska mätas helt eller delvis utgörs av värmeenergi rekommenderas det att inkludera variationer i utomhustemperaturen i beräkningarna (Shultz, 2002). Genom att frigöra mätvärdena från variationer i temperaturförhållanden mellan säsonger eller på olika år kan man upptäcka avvikelser som beror på andra orsaker. Man kan exempelvis mäta hur effektiva nya rutiner och energistimuleringar är.

Det finns flera olika metoder att använda för att normalårskorrigera. Energisignaturmetoden är ett sätt att gå till väga. Denna metod rekommenderas att använda till kontorshus och andra lokaler av tidigare studier (Shultz, 2002; Arvehammar och Jönsson, 2010).

Metoden antar att effektbehovet är en linjär funktion av utomhustemperaturen. Genom att använda uppmätt tillförd medeleffekt inom ett bestämt tidsintervall, som en funktion av medelvärdet för utomhustemperaturen mellan samma period. Detta kan sedan redovisas i ett diagram där mätdatapunkterna kan bilda en linjär regression. Det är denna som utgör energisignaturen. (Shultz, 2002)

Förutsatt att inomhustemperaturen hålls konstant kommer energibehovet att öka med sjunkande utomhustemperatur.



Figur 2. Energibehov i relation till utomhustemperaturen (källa: Shultz, 2002, egen bearbetning).

Med energisignaturmetoden kan man alltså beräkna en medeleffekt för ett tidsintervall där *basnivån* utgör det temperaturoberoende energibehovet och den *klimatberoende* andelen som ökar i takt med att temperaturen sjunker (Shultz, 2002). Basnivån illustreras i figur 2 som *brytpunkt*, i skärningspunkten mellan två regressionslinjer. Detta är ett exempel på hur basnivån kan tas fram. Från 12 C° och lägre ökar energibehovet konstant medan det ej minskar över denna nivå då denna utgör den temperaturberoende andelen.

De tidsintervall för denna typ av mätningar rekommenderas i tidigare studier är perioder längre än ett dygn, då det går att utesluta kortare dynamiska variationer som kan ske inom 24 timmar utan allvarliga fel i resultatet (Hammarsten, 1984). Hammarsten och Hjalmarsson (1988), Nordlander (1988), Flouquet (1992) och Westergren *et al* (1999) förespråkar tidsintervall om en vecka.

3. MATERIAL OCH METOD

3.1 Presentation av objektet

Det objekt som kommer att undersökas i denna studie är en kontorsfastighet, Rosenberg 3. Beställare av bygganden är Vasakronan, som är Sveriges största fastighetsbolag. De äger, förvaltar och utvecklar fastigheter som är avsett för kommersiellt bruk. JM Entreprenad är entreprenör för byggnaden som är belägen i Frösunda i Stockholm och består av ett garageplan under mark och 6 våningar ovan jord. Huset är avsett som kontorshus och är med en bruttoarea (BTA) på 17 000 km² väl anpassat för ändamålet med både öppna planlösningar och kontorsrum (JM Entreprenad, 2013).



Figur 3. Kontorshuset Rosenberg 3, Frösunda, bild från JM Entreprenad.

Ambitionen är att den färdiga kontorsbyggnaden kommer att certifieras med miljömärkningen LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

Det är ett miljöcertifieringssystem som administreras av US Green Building Council (USGBC). Miljöcertifieringssystem används för att värdera de miljömässiga aspekterna på en verksamhet och LEED använder sig av fyra betygsnivåer: Certified, Silver, Gold och Platina. Vilket betyg som ges bestäms utifrån hur många poäng som byggnaden når upp till (LEED, 2013). Byggstarten var i april 2012 och planeras att stå klar i slutet av december 2013. Rosenberg 3 kommer då att vara den andra byggnaden i Sverige att få klassas med betyget platina på LEEDs miljöcertifieringsskala (JM Entreprenad, 2013).



Figur 4. Kontorshuset Rosenberg 3 i Frösunda, Stockholm. Planerat att stå klart i december 2013. Bild från JM Entreprenad.

Under uppförandet av Rosenberg 3 arbetar JM E med Cramo. En uthyrningskoncern som förser byggarbetsplatsen med produkter i form av maskiner, bodar, containrar och annan utrustning. De erbjuder även tjänster, så som etablering, montage, säkerhetssystem och elektroniska övervakningsprogram över byggarbetsplatsen (Cramo, 2013).

3.2 Datainsamling

Datainsamlingen över den förbrukade elen för de olika komponenterna inhämtades från Cramo som på uppdrag av JM Entreprenad i Maj 2012 installerat de enheter som mätt elförbrukningen samt utomhustemperatur.

Mätningarna hämtades från ett program som har skapats av Cramo vid namn *Övervaka Bygget*. Programmet är framtaget för att hjälpa platschefer och annan personal att få en överblick på byggarbetsplatsen. Övervaka bygget erbjuder tjänster som energimätning, temperatur- och luftfuktighetsmätningar, kameraövervakning mm.

Vattenfall är elleverantör till Rosenborg 3 och genom dem har data över den totala elförbrukningen erhållits. Den insamlade energistatistiken har sedan analyseras och utvärderats.

Energimätningarna har delats in i fyra olika komponenter. *Byggarbetsplatsen*, *Containrar*, *Bodetar* och en *Övrigt*.

1. *Byggarbetsplatsen* inkluderar byggkranen, bygghissar, värmebläktar, belysning och byggmaskiner.
2. I *containrarna* förvaras och laddas handmaskiner och material. Dessa värms även upp då vissa maskiner eller material är temperaturkänsliga. En del arbete utförs även i utrymmet.
3. *Bodar* är också uppvärmd och försedd med belysning då de fungerar som kontor, matplats. Dessa är också försedda med toaletter.
4. Den sista komponenten har benämnts som *övrigt* och är data som utgör differensen mellan den uppmätta energin från å ena sidan bodar, containrar och byggarbetsplatsen å andra sidan de erhållna data från Vattenfall som är den totala elförbrukningen.

3.3 Prognos för totala byggperioden

För att kunna ta fram prognoser för komponenternas framtida förbrukning tills det att byggarbetsplatsen blir klart vid årsskiftet beräknades ett medelvärde per dag som sedan multiplicerades med den återstående tiden. Detta värde summerades tillsammans med den totalt uppmätta förbrukningen. Då mätningarna var fördelade över ett års period gjordes ett antagande att de olika säsongernas klimatvariationer inkluderats. Trots att klimatet kan variera mellan olika år gjordes ett antagande att medelvärdet för prognosen kan representera en normal dags elförbrukning under byggfasen.

Artiklar, forskningspublikationer och böcker har utgjort grunden för den teoretiska delen av rapporten. Dialoger med ansvariga platschefer och andra nyckelpersoner har varit värdefull information och gett en inblick i branschens möjligheter och utmaningar vad gäller energieffektivisering.

4. RESULTAT

4.1 Uppmätt förbrukning

I tabell 1 nedan presenteras data för varje komponents elförbrukning under byggfasens första år. Komponenten byggarbetsplatsen representerar ett beräknat medelvärde för perioden.

Mätningarna för denna komponent var inte kontinuerliga, uppmätt data fanns bara under ett fåtal perioder över byggfasens första år. Sammanlagt fanns mätningar för totalt 45 dagar som mätt energiförbrukningen under kortare perioder i månaderna februari, mars och april. Antal bodar som är inkluderade i mätningarna är 22 stycken och Containrarna är 6 stycken.

Tabell 1. Den totalt uppmätta elförbrukningen för Rosenberg 3 under byggfasens första år.

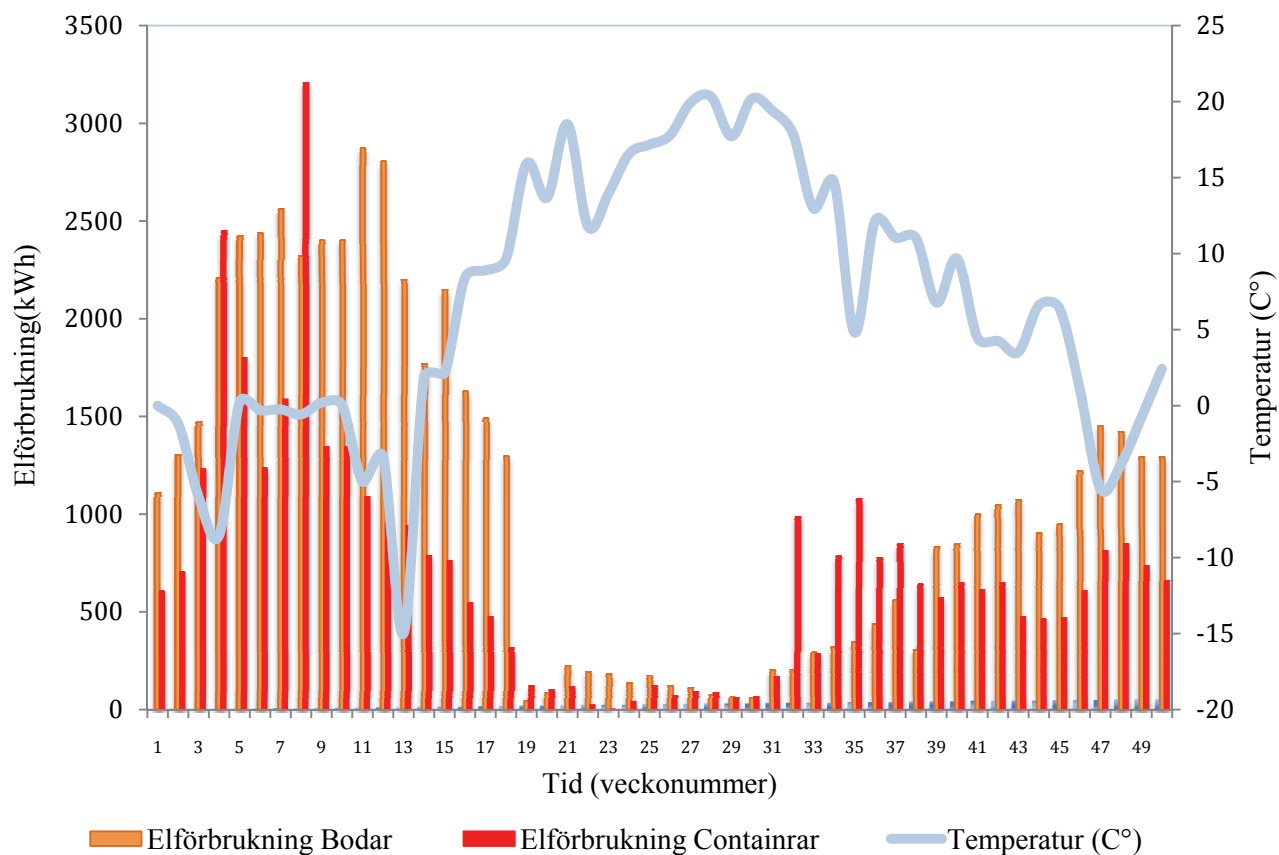
Komponent	m ²	Uppmätt elförbrukning (kWh/år)	
Bodar, antal 22	536	56000	21%
Containrar, antal 6	54	34999	13%
Byggarbetsplatsen*	17000**	138 000	55%
Övrigt		29000	11%
Summa		257000	

*För komponenten byggarbetsplatsen saknades data under stora delar av året. De data som fanns tillgängligt representerar totalt 45 dagar. Baserat på dessa 45 dagar har ett medelvärde för perioden tagit fram och det är den siffra som i tabellen representerar komponentens elförbrukning under byggfasens första år på Rosenberg 3.

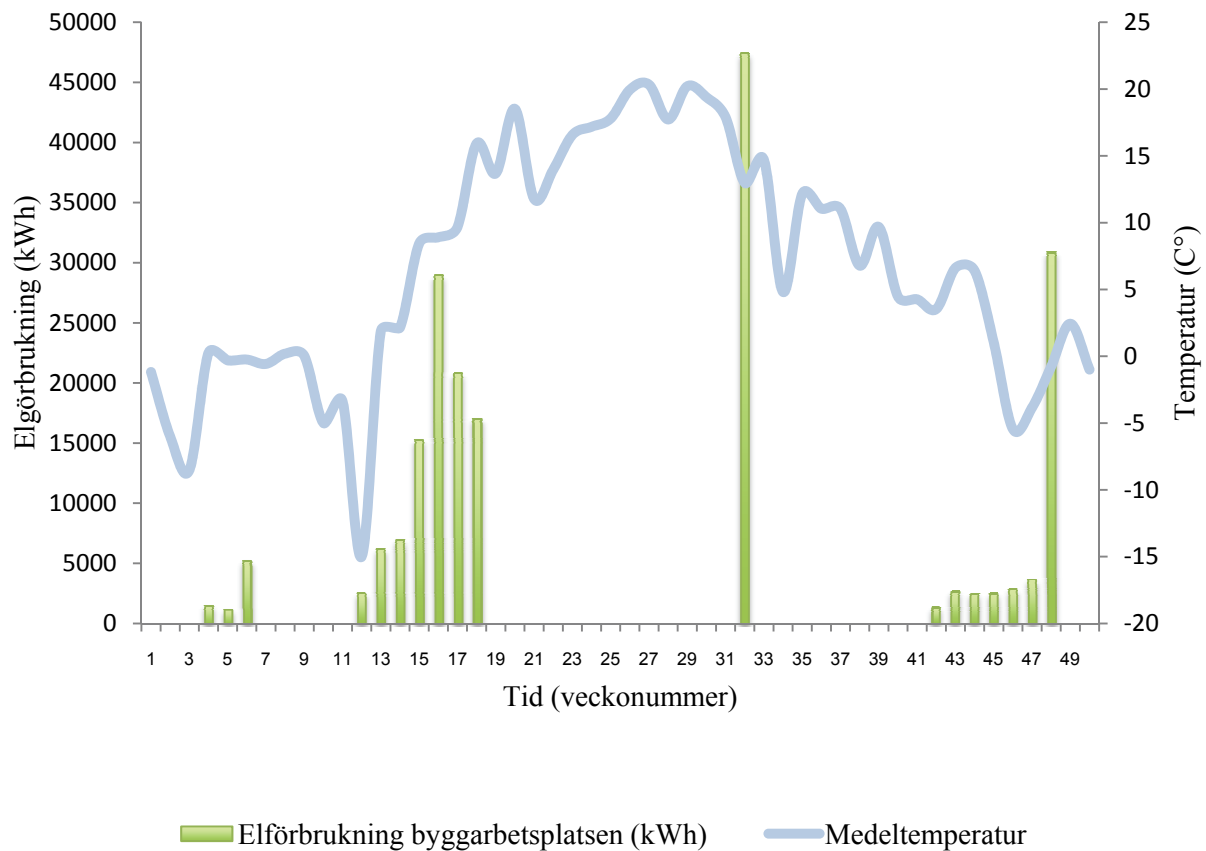
** Bruttoarea

Genom en sammanställning av de data som erhållits från programmet *Övervaka bygget* och Vattenfall går det att utläsa att komponenten byggarbetsplatsen står för den markant största delen av byggarbetsplatsens totala förbrukning, 55 %. Bodarna står för 21 % och Containrarna 13 %

Den förbrukade energin som inte kunde lokaliseras till någon av de ovan nämnda posterna bildade komponenten *övrigt*. I denna inkluderas en del eldrivna komponenter på under byggnadsfasen som ej är kopplade till någon av mätarna. En sådan är grindarna, två stycken elektroniska grindar, en toalett och även fyra extrainsatta bodar som tillkommit i efterhand och inte kopplas till mätningarna för komponenten bodar.



Figur 5. Komponenterna bodar och containrarnas elförbrukning per vecka samt temperaturvariationen under det första året av byggnationen av Rosenberg 3.



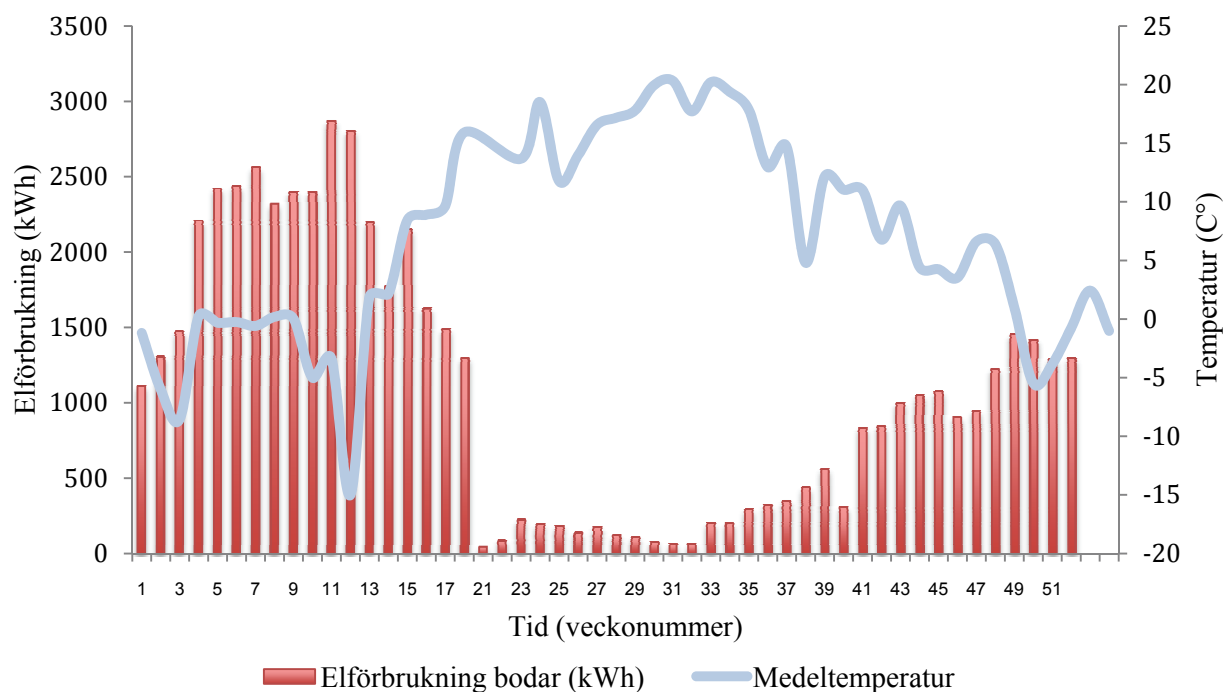
Figur 6. Uppmätt energiförbrukning för komponenten byggarbetsplatsen och utomhustemperaturen (°C) på Rosenborg 3 under byggfasens första år. Värdena är baserade på mätningar för totalt 45 dagar (för mer detaljerad info se avsnitt 4.1).

I figur 6 presenteras elförbrukning veckovis för bodarna och containrarna. Elförbrukningen har satts relaterats till den rådande utomhustemperaturen. Byggarbetsplatsens energibehov redovisas i ett eget diagram (figur 7.). Det syns tydligt att komponenten byggarbetsplatsen står för den största posten. Nedan presenteras komponenternas elförbrukning i förhållande till utomhustemperaturen enskilt för att tydligt visa förhållande mellan elförbrukning och temperaturvariationer.

4.2 De enskilda komponenterna

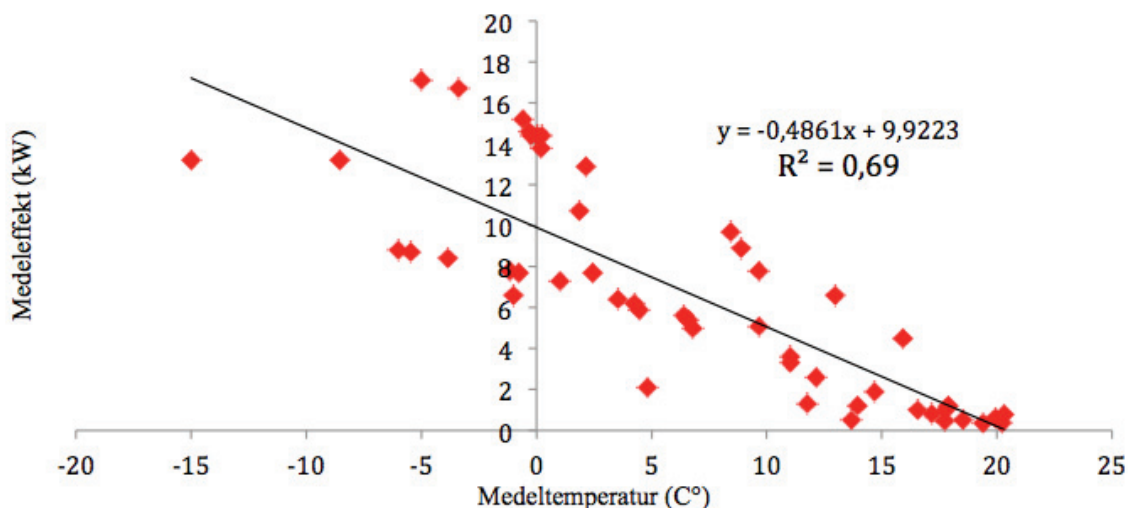
Här presenteras de enskilda komponenterna bodarna, containrarna och byggarbetsplatsen. Varje komponents energiförbrukning har relaterats med den rådande utomhustemperaturen

4.2.1 Energiförbrukning för bodar



Figur 7. Uppmätt energiförbrukning för komponenten bodar och utomhustemperaturen(C°) på Rosenborg 3 under byggfasens första år.

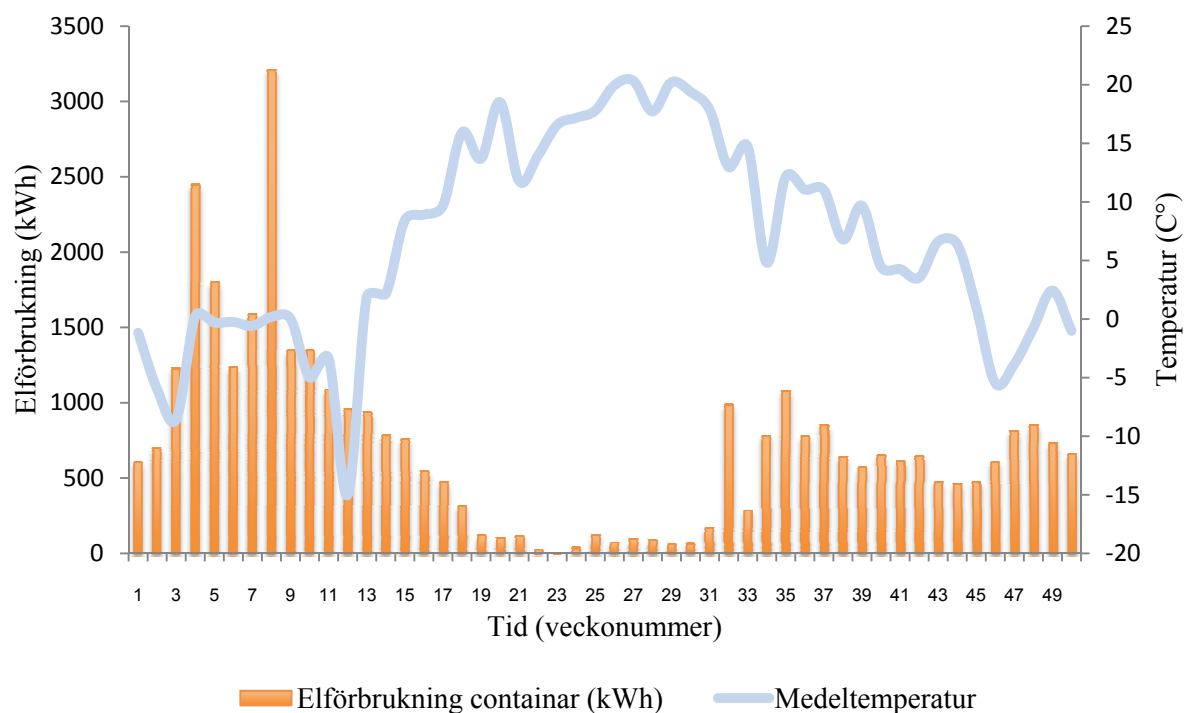
Över ett års tidsintervall visar variationerna på förhållandet mellan energiförbrukning och temperatur har ett förhållande som är invers. Under vår- och sommarperioderna ökar temperaturen i takt med att energiförbrukningen minskar. Detta illustreras i figur 7



Figur 8. Uppmätt medeleffekt per vecka för komponenten bodarna för Rosenborg 3 under ett års period, illustreras med en regressionslinje.

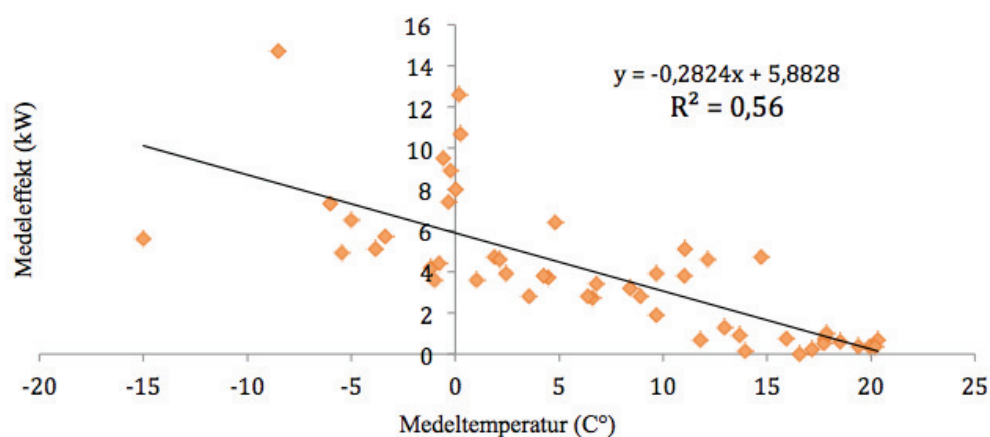
Bodarnas energiförbrukning ökar med en minskad utomhustemperatur. Genom en regressionslinje i figur 8 går det att utläsa att determinationskoefficienten (R^2) är 0,69. Det vill säga att 69 % av elförbrukningen kan relateras till utomhustemperaturen.

4.2.2. Elförbrukning för containrar



Figur 9. Uppmätt energiförbrukning för komponenten containrarna och utomhustemperaturen (C°) på Rosenborg 3 under byggfasens första år.

I figur 11 illustreras det ett invers förhållande mellan temperatur och elförbrukning som återfinns även för komponenten containrarna. Under vår- och sommarperioderna ökade temperaturen i takt med att energiförbrukningen minskar.



Figur 10. En regressionslinje över elförbrukningen för containrarna på Rosenborg 3 under det första året. Medelvärdena är veckovisa.

Containrarna visar på ett liknande förhållande som bodarna. En ökad temperatur leder till minskad energiförbrukning. Genom en regressionslinje i figur 10 går det att utläsa en determinationskoefficient (R^2) på 0,56. Alltså är 56 % av elförbrukningen kan relateras till utomhustemperaturen.

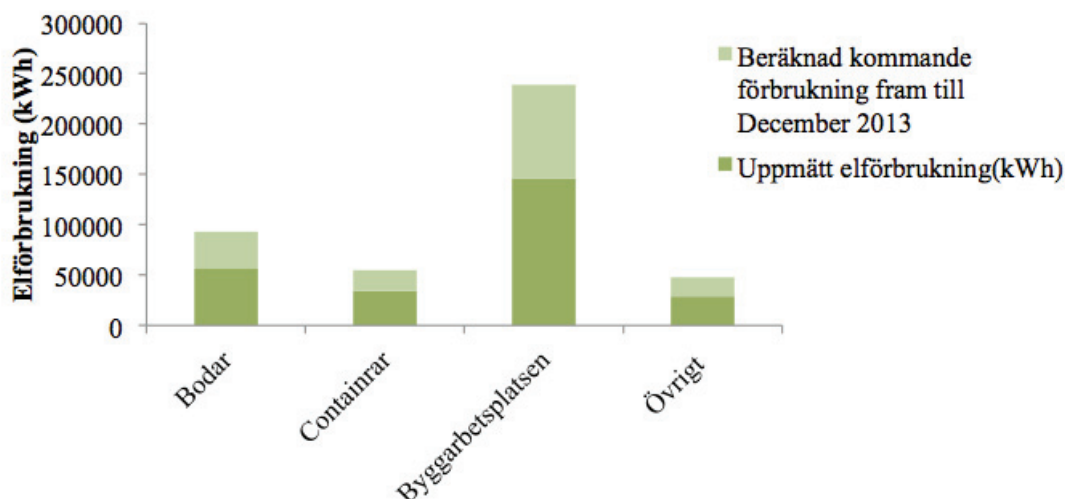
4.2.3. Elförbrukning för byggarbetsplatsen

Byggarbetsplatsen har väsentligt färre mätdata än de tidigare nämnda komponenterna, på grund av brister från mätningarna från övervaka bygget, orsaken till dataluckorna är ej kartlagd. Mätverktygen har varit installerade men under flera perioder har inga mätningar registrerats. Ur de data som finns kan man utläsa att energiförbrukningen drar iväg under april månad, figur 8. Detta berodde på att värmebläktar satts in då utomhustemperaturen fortfarande var mycket sval. Med de data som finns går det ej att urskilja ett tydligt samband mellan temperatur och energiförbrukning.

Tabell 2. Komponenternas totala förbrukning och den beräknade medelförbrukningen per dag för byggantionen det första året. Samt Komponenternas enskilda beräknade förbrukning av resterade byggperiod för Rosenberg 3.

Komponent	Total uppmätt förbrukning (kWh/år)	Totalt antal dagar för mätningar	Medelförbrukning (kWh/dag)	Resterande antal dagar	Beräknad förbrukning av resterande byggtid (kWh)
Bodar	56000	365	153	233	36000
Containrar	34000	265	93	233	22000
Byggarbetsplatsen*18000		45	400	233	146000
Övrigt	29000	365	80	233	19000

* för komponenten byggarbetsplatsen saknades data under stora delar av året. De data som fanns tillgängligt representerar totalt 45 dagar. Baserat på dessa 45 dagar har ett medelvärde för perioden tagit fram och det är den siffra som i tabellen representerar komponentens elförbrukning under byggfasens första år på Rosenberg 3



Figur 11. Prognos för total elförbrukning för Rosenberg 3.

Prognosen för byggandens totala elförbrukning som finns presenterad i diagram i figur 14, visar att byggarbetsplatsen står för den överlägset största förbrukningen, den andra största förbrukningen står bodarna för, följt av containrarna och den minsta komponenten är kategorin som benämns som övrigt. Denna prognos är endast baserad på det första årets mätningar under en process som varierar av olika aktiviteter därför bör de tas med största försiktighet och visar endast en överblickande uppskattning av energibehovet för denna byggnads under perioden. Utifrån prognosen har en kvadratmeterförbrukning för de olika komponenternas energibehov för Rosenberg 3 kunnat uppskattas.

Tabell 3. Prognosen för komponenternas enskilda elförbrukning per m^2 samt den totala energiförbrukningen per m^2 på hela byggnaden. Tabellvärdena är baserade på den framtagna prognosen.

Komponent	Uppskattad elförbrukning (kWh)	m^2	Uppskattad elförbrukning (kWh/ m^2)
Bodar	93000	536	174
Containrarna	55000	54	1018
Byggarbetsplatsen	239000	17000	14
Övrigt	48000	17000	3
Hela byggnaden	435000	17000	26

Ur tabell 3 där de olika komponenternas kvadratmeter redovisas kan man utläsa att komponenten containrar har det väsentligt största elförbrukningen per kvadratmeter. Trots att komponenten totalt sett inte ser ut att vara så mycket visar detta på ett stort elbehov i förhållande till sin yta. Containrar som visat sig vara temperaturberoende (se figur 10 och 11) är generellt sätt sämre isolerade och anpassade efter att hålla en viss inomhustemperatur än de

flesta bodarna. Byggarbetsplatsen och övrigt är de komponenter som har den minsta förbrukningen sett till kvadratmeter. Dessa ha delats på den totala arean för Rosenborg 3 som är på 17 000 kvadratmeter.

5. DISKUSSION

Den totala elförbrukningen per kvadratmeter för Rosenborg 3 är 26 kWh. Om man ser till de enskilda komponenternas förbrukning per kvadratmeter blir fördelningen annorlunda jämförelsevis med de tidigare mätningarna. Containrar som totalt sett står för en liten del är i detta fall den största komponenten i avseende av elförbrukning per kvadratmeter. Detta kan bero på att containrarna inte är anpassade att hålla samma inomhustemperatur som bodarna och därför kräver mer energi vid uppvärmningsskedet. Genom att isolera och implementera rutiner för att hålla dörrar stänga skulle denna komponents elförbrukning kunna minska.

Den mest betydande komponenten i avseende av elanvändning är byggarbetsplatsen, den står för 55 % av den totala elförbrukningen. Det är en komponent som innefattar många olika delkomponenter, så som byggkranen, bygghissar, byggmaskiner osv. Då de har en gemensam mätare blir det svårt att identifiera de enskilda enheternas förbrukning. När den inbördes fördelningen för en så betydelsefull komponent är okänd är det svårt att veta var resurserna ska riktas. Det är därför nödvändigt att särskilja de olika delkomponenterna som innefattas i denna post för att kunna få en bättre syn på energiförbrukningen och möjliggöra för förbättringar och uppföljning.

Baserat på de data som tillhandahållits har en helhetsprognos tagits fram som visar byggnadens totala energiförbrukning för hela byggnadsprocessen. Även denna visar att komponenten byggarbetsplatsen är den största energiförbrukaren.

Utifrån diagrammen för bodarna, containrarna och byggarbetsplatsen går det att utläsa hur energibehovet förändras med tiden och varierar över säsong. Det går att urskilja ett tydligt samband mellan temperatur och energiförbrukning för både bodarna och containrarna. Alltså att energibehovet ökar under de kallare perioderna av året. Det betyder att variation i klimatet, exempelvis en kallare vinter än normalt, har betydelse för energiförbrukning. Genom att använda normalårskorrigering är det möjligt att få fram ett referensvärde som går att anpassa till det aktuella årets vädersvängningar och ändå kunna jämföra och göra uppföljningar för nya rutiners effekt på energiförbrukningen.

Utifrån de data som funnits att tillgå går det inte att urskilja något tydligt samband för byggarbetsplatsens energibehov och temperatursvängningar. Detta förhållande kan därmed inte uteslutas då byggarbetsplatsen saknar en stor del av mätningar under perioden. Samt att komponenten innefattar många delkomponenter som alla inte nödvändigtvis har samma energibehov. Exempelvis kan uppvärmningen i form av värmeblåsar antas vara beroende av den rådande utomhustemperaturen men inget som i dagsläget går att påvisa. Detta är ytterligare ett skäl att mer detaljerat mäta delkomponenterna enskilt för byggarbetsplatsen. Utifrån dessa mätningar kan slutsatsen dras att byggarbetsplatsen bör ej, i sin helhet normalårskorrigeras men möjligheter finns att det är delkomponenter som en sådan korrigering skulle vara lämplig för.

Mer detaljerade mätningar av komponenten skulle också möjliggöra en uppskattning av energibehovet för olika faser i byggskedet så som markanläggning, stomme osv. Man skulle också kunna undersöka längden på tidsperioderna för aktiviteterna och om energibehov förändras om dessa planeras under vissa fördelaktiga säsonger. Mer kunskap möjliggör för bättre planering som visat sig kunna bidra till minskad energiförbrukning. En studie från 2012 som gjordes på uppdrag SBUF och flera svenska ledande byggföretag "*Energieffektiv byggarbetsplats – energisparande i byggskedet på arbetsplatsen*"; IMGC, 2010 påstår att det går att minska elförbrukningen upp till 40 % med god planering och modern teknik.

I komponenten övrigt, finns energidata för de extrainsatta bodarna och där med borde bodarna stå för en är större del, men det går ej att utvärdera i nuläget. Förutom energidata för bodarna står komponenten för många små delposter, och det skulle inte vara resurseffektivt att i första hand kartlägga, planera och införa energieffektivisering och även ha en uppföljning på dessa små relativt sett obetydlig energiförbrukning som posterna enskilt utgör.

Vad gäller beräkningarna för bodarna och containrarna har de endast beräknats med medelvärde och ej normalårskorrigerats, något som utifrån denna studie kan rekommenderas. Där av bör prognosen endast ses som ett medel för att få en uppfattning om de olika komponenternas betydelse utan att vidare analysera prognosen.

De data som funnits tillgängligt för byggarbetsplatsen är endast ett fåtal dagar på året. Detta är inte tillräckligt för att kunna ge en helt rättvisande prognos utan visar mer en ungefärlig uppskattning av komponentens betydelse. Komponentens byggarbetsplatsen innefattar flera olika komponenter som denna studie inte har haft möjlighet att enskilt mäta. Där av kan inga slutsatser dras om huruvida komponenten ska normalårskorrigeras eller ej. Det kan endast göras efter mer detaljerade mätningar. Mer detaljerade mätningar av komponenten borde genomföras för att bidra till en fullständig livscykelanalys. Mätningar som energi för materialframställning och tillverkning av komponenter, transporter till och från byggarbetsplatsen, anläggningsmaskiner och handverktyg som drivs av annat bränsle än el är viktig information i sammanhanget.

6. SLUTSATSER

Utifrån de resultat som studien nått, en överblickande kartläggning över byggarbetsplatsens största energikomponenter kan en del slutsatser dras. Den totala elförbrukningen för Rosenborg 3 per kvadratmeter är 26 kWh. Byggarbetsplatsen är den största enskilda posten med 55 % av den totala förbrukningen. Bodarna och containrarna som står för 21 % respektive 13 % har genom jämförelser med temperaturförhållanden kunnat bedömas vara temperaturberoende. Där med bör de normalårs korrigeras med metoden energisignaturmetoden. På detta sätt kan man ta fram ett referensvärde med hög validitet som går att relatera till kommande projekt oberoende på temperaturförändringar. Samma mätningar som för komponenterna bodar och containrar har också gjorts på byggarbetsplatsen men det gick ej att se några tydliga samband mellan temperatur och energiåtgång. Där med kan slutsatsen dras att det i detta fall ej är lämpligt att använda normalårskorrigerings för komponenten i sin helhet. Om man istället skulle dela upp denna stora komponent och mäta dess delkomponenter var och en för sig skulle det möjliggöra för bättre anpassade angripningssätt för analys och bedömning. Exempelvis kan värmefläktarna förväntas vara temperaturberoende men de går ej att urskilja i dagsläget.

Denna studie kan fungera som utgångspunkt för elförbrukning vid byggnadsprocessen av kontorshus. Med detta underlag och fler kompletterande studier finns möjligheter att göra en grundläggande kartläggning av elbehovet för att vidare kunna utforma och sätta upp realistiska mål för rutiner och elenergieffektiviserande åtgärder.

Tillsammans med andra mätningar på energiåtgång för tillverkning av material och transporter, brukartiden och rivningsfasen är det möjligt att fullborda en livscykelanalys som är anpassad för liknande kontorsbyggnader. Genom fler liknande studier inom de andra områdena för byggnationen så som transporter och materialproduktion skulle det gå att uppskatta hela byggnadsprocessens energiåtgång. Ökad information och kunskap kan det sedan utarbetas åtgärder och rutiner för stimulansåtgärder som kan minimera energianvändningen i byggbranschen.

7. REFERENSER

Tryckta referenser

Adalberth K. 1995. *Bygga Bruka Riva*, Lunds Tekniska Högskola, Lund (ISBN 91-88722-04-X) 158 pp.

Almqvist S. 2010. *Energieffektivt byggande – energisparande i byggskedet på arbetsplatsen verktyg för planering, genomförande och uppföljning*, (IMCG) International Management Consulting Group 17 pp.

Energimyndigheten. 2012. *Energimyndighetens roll för miljömålssystemet* Statens Energimyndighet, Eskilstuna, ET 2011:35 55 pp.

Flouquet F. 1992. *Local weather correlations and bias in building parameter estimates from energy-signature models*, Energy and Buildings, Lausanne, n 19. s 113-123.

Hammarsten S. 1984. *Estimation of Energy Balances of Houses*, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.

Hammarsten S., Hjalmarsson C. 1988. *Bestämning av byggnaders effektbehov genom mätningar*, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.

Nordlander J. 1988. *Innetemperatur och normalårsförbrukning i flerbostadshus*, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Kvist H., Nordström C. 2008. *Energieffektivt byggande riktlinjer för projekteringshjälpmedel i byggprocessen*, Lunds Universitet. 67 pp.

Persson A. 2002. *Energianvändningen i bebyggelsen – en faktarapport inom IVA-projektet energiframsyn i Sverige och Europa*, Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, Statens Energimyndighet, Multitryck, Eskilstuna. 20 pp.

Rydh C. J., Lindahl M., Tingström J. 2002. *Livscykelanalys - en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*, Studentlitteratur AB, Lund. ISBN9789144024479.

Shultz L. 2003. *Normalårskorrigerering av energianvändningen i byggnader – en jämförelse av två metoder*, EFFEKTIV, ISBN 91-7848-932-6, 47 pp.

Thormark C. 2006. *Energi- och resursanvändning i ett 12-vånings lågenergihus utan värmesystem*, Lunds Tekniska Högskola, Lund. ISBN 91-85257-94-X. 38 pp.

Westergren K. E., Högberg H., Norlén U. 1999. *Monitoring energy consumption in single-family houses*, Energy and Buildings, Lausanne, n 29, s 247-257.

Internetreferenser

Cramo. 2013. *Om Cramo*.

<http://www.cramo.se/Web/Core/Pages/BusinessAreaStartPage.aspx?id=6905&epslanguage=SV>
senast kontrollerad 2013-10-07.

JM Entreprenad. 2013. *Rosenborg 3 och 4 i Frösunda*

<http://www.jm-entreprenad.se/tjanster-och-projekt/byggnader/kontor/rosenborg-3-frosunda/>
senast kontrollerad 2013-10-07.

LEED. 2013. *Green Building Rating Systems*. Leadership in Energy and Environmental Design.

<http://www.usgbc.org/leed/rating-systems>
senast kontrollerad 2013-10-07.

Sveriges miljömål för god bebyggd miljö. 2012. *2012 år uppföljning av god bebyggd miljö*

<http://www.miljomal.nu/sv/Miljomalen/15-God-bebyggd-miljo/Nar-vi-miljokvalitetsmalet/>
senast kontrollerad 2013-10-07.

SLU

Institutionen för energi och teknik

Box 7032

750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 10 00

www.slu.se/energyandtechnology

SLU

Department of Energy and Technology

Box 7032

S-750 07 UPPSALA

SWEDEN

Phone +46 18 671000
